

# 고속전철 전자유도에 대한 급전소 유도 효과 실측연구

한만대\* · 최문환\* · 이상무\* · 조평동\*

\*한국전자통신연구원

## Analysis on the induction effects by electricity feeder station of the electromagnetic induction from high-speed railway system

Man-Dae Han\* · Mun-hwan Choi\* · Sang-mu Lee\* · Pyoung-Dong Cho\*

\*Electronics and Telecommunications Research Institute

E-mail : yamahaz@etri.re.kr

### 요 약

경부고속전철의 급전선에 의한 전력유도 대책을 위하여 건설 당시 정보통신부 고시에 의하여 시행되었다. 통신선에 장애를 유발할 수 있는 전자유도 대책을 위해서는 국가 기술기준에 의한 유도전압 한계치가 정해져 있고 현장 대책 상 이 제한치를 초과할 때에 필요한 것이므로 상기 정부 고시의 기술 근거에 의해 유도전압을 계산하여 조치하고 있다. 전기철도시스템에서 지역 구간상의 전력 공급을 위한 일정 거리마다 급전소가 시설되어 있어서 이로부터 전철에 전력이 공급되고 있다. 전철의 유도현상에 의한 유도전압 분포 분석을 위한 전국 구간 유도측정을 수행하여 급전구간에서의 유도전압 특성을 파악하였다. 구간 중심점상에서 낮아지는 전압에 대해 급전소 근접 구간에서 이르렀을 때의 전압 상승 특성을 분석하였다. 급전소로부터 귀로되는 전류의 양이 집합됨으로 유도전압이 높아지고 거리가 멀어질수록 전압은 떨어진다. 유도대책을 전압 분석에 있어서와 차폐시설물의 연계 활용 시 이러한 전압의 영향성을 고려할 필요가 있다.

### 키워드

electricity feeder station, electromagnetic induction, induction voltage, high-speed railway system

## I. 서 론

전력선설비나 고속철도시설에 의한 유도 장에로부터 통신선로에 미치는 유도전압을 미리 예측하여 계산할 필요가 있다. 이는 단순히 통신에 대한 장애뿐만 아니라 인명 피해 및 손상방지와 관련 있는 것으로 강제 표준인 국가 기술기준 고시로서 고전압 방출 한계치를 정하고 있고, 따라서 그러한 고전압이 얼마만큼 유도 되는지에 대한 산출 방법을 정하여 고시하고 있다. 하지만 고시에서 정한 산출 방법은 그 내용이 상당히 전문적이고 복잡해 실제 유도 측정 현장에서의 적용이 매우 어려운 실정이며, 산출 계산식에 적용되는 각종 파라미터 및 계수들의 기술적인 배경이 모호함에 보다 심도 있는 연구를 통해 유도 전압의 산출 방법의 정확성과 신뢰성을 증진시키려는 노력이 필요한 때이다[1],[2].

이러한 노력의 일환으로 전국 단위의 유도 전압 모의 실험 측정이 수행되어왔고, 특히 도시시

설물이 전력 유도에 미치는 영향 연구에 대한 평가가 지속적으로 이루어지고 있다.

이에 본 논문에서는 유도원과 피유도원 간에 유도전압을 측정하는데 있어서 급전소의 이격거리에 대한 유도 전압 발생 특성을 알아보기 위하여 통신 케이블을 병행 포설 할 수 있는 고속 전철 시설 인근의 장소를 선정하고 측정 장소로부터의 급전소에 이르는 이격거리에 따른 유도 전압의 특성을 분석해본다.

## II. 실험 방법

고속 전철에서의 급전소 이격거리에 따른 전력 유도 실측 연구를 위해 그림 1과 같이 유도원인 고속 전철 선로와 병행하여 통신 케이블을 1km 포설하고 상/하행 중단측의 급전소와의 거리에 따른 전력유도의 값들을 측정하여 비교하였다.

표 1은 상/하행 종단측에서 0~1km의 이격 거리를 갖는 급전소가 있는 장소로 논산 강경, 익산 용안, 목포역 인근 터널에서 측정하였으며, 표 2는 상/하행 종단측에서 1~2km의 이격 거리를 갖는 급전소가 있는 장소로 서대전역과 광주 송정에서 측정하였고 표 3은 상/하행 종단측에서 3~4km의 이격 거리를 갖는 급전소가 있는 장소로 대전 괴곡, 계룡 업사, 광주 운남에서 유도 전압을 측정하였다.

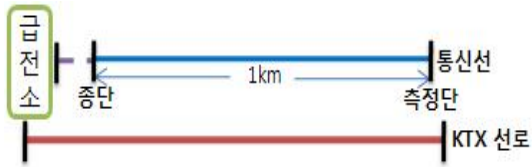


그림 1. 테스트 베드

표 1. 급전소까지의 이격거리 0~1km 사이

측정장소	급전소와의 이격거리	급전소	특 이 사 항
논산강경	650m	채운 구분급전소	강경역 가기전 농로길
익산용안	645m	함열 보조급전소	상,하행측이 급 커브길입
목포터널	810m	목포 보조급전소	측정구간이 터널구간

표 2. 급전소까지의 이격거리 1~2km 사이

측정장소	급전소와의 이격거리	급전소	특 이 사 항
서대전역	1.39km	서대전 보조급전소	정차구간 및 가속구간
광주송정	1.72km	송정리 보조급전소	정차구간 및 가속구간

표 3. 급전소까지의 이격거리 3~4km 사이

측정장소	급전소와의 이격거리	급전소	특 이 사 항
대전괴곡	3.58km	혹석리 보조급전소	부도심구간
계룡업사	3.45km	계룡 변전소	변전소에서 전원공급
광주운남	3.78km	극락강 보조급전소	복선이 아닌 단선 선로

### III. 실험 결과

표 4는 급전소까지의 이격 거리가 0~1km인 경우에 대한 상시유도 중전압값을 보인다. 논산 강경의 경우 비도심구간으로 강경역으로의 진입 이전 농로 길에 측정단을 두고 급전소의 방향은 하행 우측에 있고 측정단과의 이격거리는 650m이다. Default 전압은 06~0.9VRms 정도였으며 Peak Min은 7.7VRms 이고 Peak Max는 17.5VRms로 Peak Avg.

12.98VRms의 상시유도 중전압이 측정되었다.

익산 용안에서는 급전소의 방향은 하행 우측에 있으며 측정단과의 이격거리는 645m이다. Default 전압은 0.8~1VRms, Peak Min은 17.2VRms이고 Peak Max는 42.2VRms로 Peak Avg. 26.4VRms의 상시유도 중전압이 측정되었다. 익산 용안에서는 전체적으로 높은 유도전압이 측정되었는데 측정단 이전과 이후, 즉 상행 방향의 인근 선로와 하행 방향의 인근 선로가 심한 곡선을 그리고 있어 고속 전철의 진행상에 급제동 또는 급가속이 예상되는 지역으로 전기철도시스템의 운행에 있어 상당히 높은 부하의 사용으로 높은 유도 전압이 발생하는 것을 알 수 있다.

목포터널에서는 급전소의 방향은 하행 좌측에 있으며 측정단과의 이격거리는 810m이다. Default 전압은 0.7~0.9VRms 정도였으며 Peak Min은 14.9VRms이고 Peak Max는 20.7VRms로 Peak Avg. 19.14VRms의 상시유도 중전압이 측정되었다. 목포터널은 선로가 지상에 노출되어 있지 않고 지하로 진입하는 터널 구간을 통해 고속 전철이 운행되고 있다. 전반적으로 상행선보다 하행선에서의 측정 전압이 높았으며 목포역 진입 전 곡선 경로를 따라 고속 전철이 운행되기 때문에 높은 상시유도 중전압을 볼 수 있다.

표 4. 급전소까지의 이격거리 0~1km 사이 결과  
단위 : VRms

	논산 강경 (노선방향)	익산 용안 (노선방향)	목포 터널 (노선방향)
1	17.5(상)	19.6(상)	20.7(하)
2	12.7(하)	19.7(하)	14.9(상)
3	14.5(하)	33.0(하)	25.5(하)
4	15.0(상)	34.5(상)	18.3(상)
5	12.4(하)	21.0(상)	16.3(하)
6	13.7(상)	17.9(하)	
7	12.7(하)	19.9(상)	
8	11.1(상)	18.5(하)	
9	14.0(하)	42.2(하)	
10	11.5(상)	31.9(상)	
11	7.70(하)	17.2(하)	
Peak Min	7.70(하)	17.2(하)	14.9(상)
Peak Max	17.5(상)	42.2(상)	25.5(하)
Peak Avg.	12.98	25.04	19.14

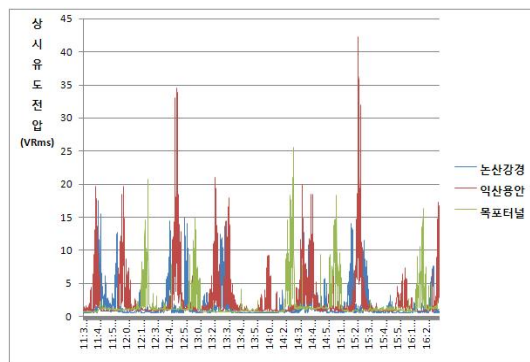


그림 2. 이격거리 0~1km 사이 결과 그래프

표 5는 급전소까지의 이격 거리가 1~2km인 경우에 대한 측정 결과를 보인다. 서대전역에서 급전소의 방향은 하행 좌측에 있으며 측정단과의 이격 거리는 1.39km이다. Default 전압은 0.6~0.9VRms 정도였으며 Peak Min은 6.2VRms이고 Peak Max는 16.3VRms로 Peak Avg. 9.67VRms의 상시유도 중전압이 측정되었다. 전반적으로 하행선보다 상행선에서의 측정 전압이 높았으며 도심구간으로 서대전역의 정차구간과 가속구간 그리고 복복선 선로가 측정구간에 일부 포함되어 차폐효과를 증가시킨다.

광주 송정에서는 급전소의 방향은 상행 좌측에 있으며 측정단과의 이격거리는 1.72km이다. Default 전압은 0.4~0.6VRms 정도였으며 Peak Min은 5.5VRms이고 Peak Max는 8.7VRms로 Peak Avg. 7.1VRms의 상시유도 중전압이 측정되었다. 서대전역과 마찬가지로 전반적으로 하행선보다 상행선에서의 측정 전압이 높았으며, 도심구간으로 광주 송정역의 정차구간과 가속구간 복복선 선로가 측정구간에 일부 포함되어 차폐효과를 증가시킨다.

표 5. 급전소까지의 이격거리 1~2km 사이 결과  
단위 : VRms

	서대전역 (노선방향)	광주 송정 (노선방향)
1	11.8(상)	8.40(상)
2	8.20(하)	5.50(하)
3	11.5(상)	7.80(상)
4	8.50(하)	6.70(하)
5	13.5(상)	7.20(상)
6	11.6(상)	5.80(하)
7	6.40(하)	8.70(상)
8	6.40(하)	6.70(하)
9	10.4(상)	
10	7.40(하)	
11	10.5(상)	
12	6.50(하)	
13	9.80(상)	
14	16.3(상)	
15	6.20(하)	
Peak Min	6.20(하)	5.50(하)
Peak Max	16.3(상)	8.70(상)
Peak Avg.	9.67	7.1

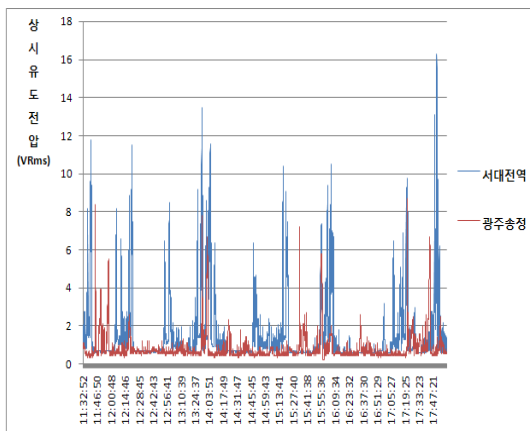


그림 3. 이격거리 1~2km 사이 결과 그래프

표 6은 급전소까지의 이격 거리가 3~4km인 경우에 대한 측정 결과로, 대전 괴곡의 경우 급전소의 방향은 하행 좌측에 있으며 측정단과의 이격 거리는 3.58km이다. Default 전압은 2.1~2.2VRms 정도였으며 Peak Min은 6VRms이고 Peak Max는 14VRms로 Peak Avg. 9.73VRms의 상시유도 중전압이 측정되었다. 전반적으로 하행선보다 상행선에서의 측정전압이 높았으며, 도심구간에서 빠져나온 부도심 구간에서 측정하였다.

계룡 업사에서는 급전소의 방향은 상행 우측에 있으며 측정단과의 이격거리는 3.45km이다. Default 전압은 1.5~1.8VRms 정도였으며 Peak Min은 10.9VRms이고 Peak Max는 21.3VRms로 Peak Avg. 15.35VRms의 상시유도 중전압이 측정되었다. 다른 측정지점들은 급전소에서 전원을 공급 받지만 계룡 업사에서는 변전소에서 전원을 공급 받아 전반적인 전압들이 다소 높게 측정됨을 알 수 있다.

광주 운남에서는 급전소의 방향은 하행 우측에 있으며 측정단과의 이격거리는 3.78km 이다. Default 전압은 0.8~1VRms 정도였으며 Peak Min은 6.1VRms이고 Peak Max는 10.7VRms로 Peak Avg. 8.81VRms의 상시유도 중전압이 측정되었다. 광주 운남은 단선선로가 특징이며 이로 인해 고속 전철이 느린 속도로 운용되고 있다.

표 6. 급전소까지의 이격거리 3~4km 사이 결과  
단위 : VRms

	대전 괴곡 (노선방향)	계룡 업사 (노선방향)	광주 운남 (노선방향)
1	14.0(상)	11.9(상)	7.20(상)
2	9.10(하)	16.7(하)	9.40(하)
3	8.60(하)	18.3(상)	9.90(상)
4	9.40(상)	18.3(하)	9.10(하)
5	7.20(하)	13.3(상)	6.10(상)
6	6.00(하)	15.6(하)	9.30(하)
7	12.2(상)	13.1(상)	10.7(상)
8	7.60(하)	10.9(하)	
9	13.5(상)	21.3(상)	
10	7.70(하)	19.7(하)	
11	11.7(상)	19.7(상)	
Peak Min	6.00(하)	10.9(하)	6.10(상)
Peak Max	14.0(상)	21.3(상)	10.7(상)
Peak Avg.	9.73	15.35	8.81

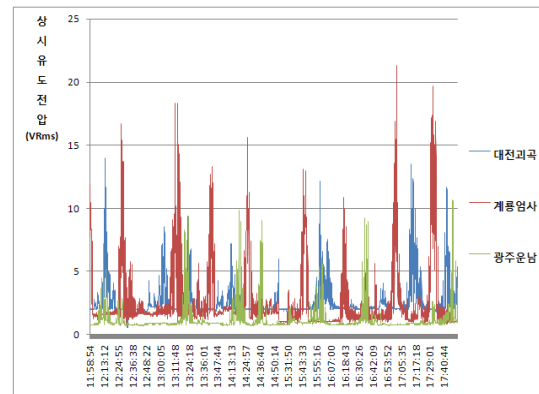


그림 4. 이격거리 3~4km 사이 결과 그래프

### V. 결 론

본 논문에서는 고속 전철에서 유도전압을 측정하는데 있어서 유도원내 급전소의 이격거리에 따른 유도전압이 어떠한 상관관계가 있는지 알아보기 위한 시험 측정을 수행하였다. 이에 예외가 되는 몇 가지 경우, 즉 급전소로부터의 이격 거리가 0~1km 구간의 익산 용안에서는 상/하행측의 심한 곡선 경로에 의한 급제동과 급가속으로 인해 높은 유도전압이 상당히 높게 발생하는 지역으로 예외 지역으로 할 수 있다. 또한 급전소로부터의 이격 거리가 3~4km 구간인 지역 중에서 계룡 업사의 경우도 급전소에서 전원을 공급받는 것이 아니고 변전소에서 전원을 공급받기 때문에 측정된 유도전압이 높게 나타나 예외 지역으로 분류할 수 있다.

이 두 곳의 예외 지역을 제외하고 각 이격거리별 두 개소의 측정 지역의 전반적인 측정값을 보면 그림 5와 같이 0~1km 구간에서 측정된 논산 강경, 목포 터널이 다른 곳 1~2km의 서대전역과 광주 송정, 3~4km 구간의 대전 괴곡과 광주 운남보다 높다는 것을 알 수 있었고, 이것은 예외의 경우를 제외하면 급전소와 가까워질수록 유도원과 피유도원 사이의 유도전압은 높아짐을 알 수 있다.

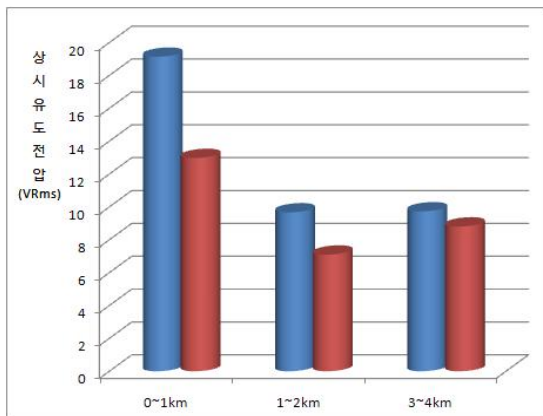


그림 5. 이격 거리별 유도 전압 분포

하지만 1~2km 구간에서는 3~4km 구간보다 낮은 측정 결과를 얻었지만 이것은 1~2km 구간의 서대전역과 광주 송정역에 정차를 위해 KTX 열차가 속도를 줄이며 탄력으로만 역에 진입하여 정차하기 때문에 낮은 부하량의 사용과 복복선 선로가 측정구간에 일부 병행함으로써 복복선 선로에 대한 차폐효과로 인하여 급전소의 이격거리가 더 먼 3~4km의 구간보다 낮은 전압이 측정된 것이라 사료된다.

향후 고속철도시스템의 운용을 위한 급전소 또는 변전소로부터의 이격거리에 따른 전력 유도의 영향을 보다 다양하고 체계적으로 수행하여 본 논문에서의 측정 결과에 대한 일반적인 결론을 도출할 필요성이 요구되고 있으며, 급전 시설물에 대한 정확한 운용 정보를 통해 전력 유도 현상에 미칠 수 있는 영향 평가를 위한 연구에 활용할 수가 있다.

### 참고문헌

- [1] 전력유도전압의 구체적 산출 방법에 대한 기술기준, 전파연구소 고시 2005-95, 2005년 10월
- [2] 이상무, 이영환, 김용환, 조평동, “통신선로 유도 장애 예측을 위한 유도 전압 산출 기술기준 연구”, 전자통신 동향 분석지, 제 17권 제 4호, pp. 135~144, 2002년 8월